

KAJIAN PEMROSESAN CITRA DIGITAL ASTER MULTITEMPORAL UNTUK DETEKSI TELAGA DAN TERKAIT PERMUKIMAN DI KAWASAN KARST KABUPATEN GUNUNGKIDUL

Luthfiyah
luth_luthfiyah@yahoo.co.id

Nurul Khakhim
nrl khakhim@yahoo.com

Iswari Nur Hidayati
iswari@ugm.ac.id

Abstract

This research was aimed to (1) assess the ASTER multi temporal image for mapping lake distributions (2) assess the most effective image transformations to detect lake distributions (3) analyze the lake distribution and the existence of settlement distribution in karst area of Gunungkidul Regency. Band Rationing, NDVI, and NDWI were used to analyze the most effective image transformation in order to detect lake distribution. Land use extraction with maximum likelihood classification method was needed to breakdown the settlement information. Least cost path analysis provided to analyze the distance between lake and the existence of settlement. The highest accuracy of lake distribution map based from NDWI transformation was (86,6%). The second was Band Rationing (85,7%) then NDVI (84,2%). Assessment accuracy from land use map resulted 85,71%. Based on least cost path analysis, the lake have the distance with settlements within a radius of 3,2 km.

Keywords: Lake, Band Rationing, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Wetnees Index (NDWI).

Abstrak

Penelitian ini bertujuan (1) mengkaji citra ASTER multitemporal dalam memetakan sebaran Telaga, (2) mengkaji beberapa transformasi citra yang paling efektif, (3) menganalisis hubungan distribusi Telaga dan distribusi permukiman di kawasan karst Kabupaten Gunungkidul. Ekstraksi nilai transformasi citra *Band Rationing*, NDVI, dan NDWI digunakan untuk mendeteksi Telaga. Klasifikasi multispektral *maximum likelihood* dilakukan untuk mengetahui penggunaan lahan sebagai analisis keberadaan permukiman. *Least cost path analysis* digunakan untuk menganalisis hubungan distribusi Telaga dan distribusi permukiman. Akurasi paling tinggi pada peta sebaran Telaga dari transformasi NDWI (86,6%). Kedua dari transformasi *Band Rationing* (85,7%) kemudian transformasi NDVI (84,2%). Uji akurasi dari peta penggunaan lahan memiliki nilai akurasi yang baik (85,71%). Jarak terdekat Telaga dengan keberadaan permukiman adalah sebesar 3,2 km. Pada radius 3,2 km ini sebanyak 1746 rumah tangga dari 1997 rumah tangga tidak

menggunakan air PAM untuk dikonsumsi. Untuk itu keberadaan air Telaga sangat dimanfaatkan oleh penduduk.

Kata kunci: Telaga, *Band Rationing*, NDVI, dan NDWI.

PENDAHULUAN

Telaga memiliki peranan sangat penting sebagai penyedia air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air penduduk di kawasan karst terutama pada saat musim kemarau (Santosa, 2007). Namun demikian seringkali banyak Telaga yang menjadi kering sebelum musim kemarau berakhir sehingga terjadi bencana kekeringan.

Berdasarkan catatan di Kantor Penanggulangan Dampak Lingkungan pendataan tahun 2006, total jumlah Telaga di Kabupaten Gunungkidul mencapai 282 Telaga yang tersebar di 10 Kecamatan. Hasil kajian KAPEDAL Kabupaten Gunungkidul tahun 2006 menunjukkan sekitar 31 Telaga yang tersebar semakin kehilangan air. Beberapa Telaga yang dulunya tidak kering saat kemarau juga mengalami kekeringan, penurunan permukaan air bahkan terjadi dimusim hujan.

Telaga mempunyai karakteristik-karakteristik tertentu pada saat musim kemarau dan musim hujan. Pada saat musim kemarau, spektrum merah bertambah sehingga tetumbuhan tampak berwarna kuning dan air memantulkan energi di inframerah dekat (NIR) sehingga tubuh air yang diasumsikan sebagai Telaga hanya sedikit yang terdeteksi. Sedangkan pada saat musim hujan, vegetasi menyerap spektrum merah dan inframerah sehingga vegetasi banyak

menyerap air dan memantulkan spektrum hijau dan air menyerap energi di inframerah dekat (NIR) sehingga tubuh air yang diasumsikan sebagai Telaga dapat terdeteksi jelas.

Citra ASTER VNIR digunakan untuk mendeteksi Telaga dengan mengekstraksi nilai dari beberapa transformasi citra yaitu *Band Rationing*, NDVI, dan NDWI.

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengkaji citra ASTER multitemporal dalam memetakan sebaran Telaga di kawasan karst Kabupaten Gunungkidul.
2. Mengkaji beberapa transformasi citra yang paling efektif untuk mendeteksi sebaran Telaga di kawasan karst Kabupaten Gunungkidul.
3. Menganalisis hubungan antara distribusi Telaga dan distribusi permukiman di kawasan karst Kabupaten Gunungkidul.

METODE PENELITIAN

Alat:

1. Seperangkat komputer *Intel Pentium Inside*, RAM 1 GB, HDD 160 GB
2. Printer Canon Ip1980 untuk mencetak hasil penelitian
3. Perangkat lunak untuk pengolahan data yang meliputi: (a) *Software* pemrosesan citra digital untuk pengolahan dan analisis data, (b) *Software* untuk pengolahan peta, (c) *Software* untuk pembuatan laporan hasil penelitian

4. GPS (*Global Positioning System*) untuk pengeplotan data lapangan
5. Kamera digital untuk merekam dan mendokumentasikan titik sampel dan sebagian wilayah penelitian

Bahan:

1. Citra ASTER level 1B tanggal perekaman 16 Februari 2001 Path/Row 20070620102004/31438, Juni 2003 Path/Row 20070620102504/32613
2. Peta RBI Gunungkidul skala 1:25.000 Lembar 1407-544, Lembar 1407-633, dan Lembar 1407-634
3. Data sekunder berupa Gunungkidul dalam angka Tahun 2008

1. Tahap Pra Lapangan

1.1 Tahap Pra Pengolahan Citra ASTER Level 1B

1.1.1 Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik ini terdiri dari 2 proses, yaitu konversi nilai digital ke nilai radian dilakukan pada sensor VNIR citra ASTER tahun 2001 dan 2003. Sensor VNIR citra aster ASTER tahun 2001 dan tahun 2003 kembali dikonversi menjadi nilai reflektan.

1.1.2 Koreksi Geometrik

Tipe koreksi geometrik yang digunakan yaitu *image to map rectification* untuk sensor VNIR tahun 2003 dan *image to image* untuk sensor VNIR tahun 2001. Tipe koreksi geometrik juga dilakukan pada citra ASTER sensor SWIR tahun 2003 dengan tipe koreksi *image to map*. Dikarenakan daerah penelitian memiliki topografi yang datar, landai, hingga

berbukit maka koreksi geometrik dilakukan pada orde III.

1.2 Tahap Pengolahan citra ASTER

1.2.1 Ekstraksi nilai *Band Rationing*

Ekstraksi nilai *Band Rationing* untuk Telaga dilakukan pada citra ASTER VNIR tahun 2003 (musim kemarau) dan tahun 2001 (musim hujan). Pada citra ASTER VNIR tahun 2003 Telaga dapat terdeteksi pada *range* 0.0 - 1.4 dan pada citra ASTER VNIR tahun 2001 Telaga dapat terdeteksi pada *range* 0.5 - 1.5. Adapun formulanya mengacu pada Danoedoro (1996) adalah sebagai berikut:

$$\text{Band Ratio} = \frac{\text{Band } 3N}{\text{Band } 1}$$

Keterangan :

Band Ratio = Transformasi Band Ratio

Band 1 = Saluran hijau

Band 3N = Saluran inframerah dekat (NIR)

1.2.2 Ekstraksi nilai NDVI

Ekstraksi nilai NDVI untuk Telaga dilakukan pada citra ASTER VNIR tahun 2003 (musim kemarau) dan tahun 2001 (musim hujan). Pada citra ASTER VNIR tahun 2003 (musim kemarau) Telaga dapat terdeteksi pada *range* -0.7 – 0.3 dan pada citra ASTER VNIR tahun 2001 (musim hujan) Telaga dapat terdeteksi pada *range* 0.01 - 0.3. Adapun formulanya mengacu pada Danoedoro (1996) adalah sebagai berikut:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Band } 3N - \text{Band } 2}{\text{Band } 3N + \text{Band } 2}$$

Keterangan :

NDVI = Transformasi NDVI

Band 2 = Saluran merah
 Band 3N = Saluran inframerah dekat (NIR)

1.2.3 Ekstraksi nilai NDWI

Ekstraksi nilai NDWI untuk Telaga dilakukan pada citra ASTER VNIR tahun 2003 (musim kemarau) dan tahun 2001 (musim hujan). Pada citra ASTER VNIR tahun 2003 (musim kering) Telaga dapat terdeteksi pada *range* -0.15 – 0.3 dan pada citra ASTER VNIR tahun 2001 (musim hujan) Telaga dapat terdeteksi pada *range* -0.2 – 0.2. Adapun formulanya mengacu pada McFeeters (1996) adalah sebagai berikut:

$$NDWI = \frac{Band1 - Band3N}{Band1 + Band3N}$$

Keterangan :

NDWI = Transformasi NDWI

Band 1 = Saluran hijau

Band 3N = Saluran inframerah dekat (NIR)

1.2.4 Ekstraksi Klasifikasi Multispektral Supervised Maximum Likelihood

Proses klasifikasi *maximum likelihood* ini dilakukan untuk mengetahui penggunaan lahan di kawasan karst Kabupaten Gunungkidul untuk digunakan analisis lebih lanjut. Ekstraksi ini menggunakan citra ASTER SWIR tahun 2003. Sistem klasifikasi yang digunakan yaitu sistem klasifikasi Danoedoro, 2006 tingkat 2 yang didasarkan pada resolusi citra ASTER SWIR yaitu 30 meter.

1.3 Tahap Lapangan

1.3.1 Pengambilan Data Lapangan

Pengambilan sampel Telaga citra ASTER VNIR hasil ekstraksi citra dari metode *Band Rationing*, NDVI,

dan NDWI pada musim kemarau dilakukan cek kondisi Telaga untuk membandingkan kondisi Telaga di citra dengan yang ada di lapangan, yaitu melihat kondisi masih sama atau tidak. Kemudian dibandingkan dengan keberadaan Telaga pada peta RBI Gunungkidul tahun 1998. Metode yang digunakan dalam pengambilan sampel adalah *purposive sampling*.

Pengambilan sampel penggunaan lahan citra ASTER SWIR tahun 2003 hasil ekstraksi citra dari klasifikasi multispektral *supervised maximum likelihood* ini dilakukan pengecekan lapangan yang dilakukan untuk pengujian beberapa titik (sampel area) yang dipilih pada setiap bentuk penggunaan lahan, yang masing-masing bentuk penggunaan lahan diambil berdasarkan atas homogenitas kenampakan. Metode pengambilan sampel yang digunakan yaitu *purposive sampling*.

Pengambilan data lapangan juga dilakukan wawancara secara mendalam (*in-depth interview*) terhadap penduduk guna analisis deskriptif kualitatif untuk mengetahui pemanfaatan air Telaga oleh penduduk.

1.4 Tahap Pasca Lapangan

1.4.1 Uji Akurasi

Hasil Telaga yang terdeteksi pada ekstraksi transformasi citra digunakan sebagai sampel dilapangan yang sebenarnya untuk dibuktikan terdapat Telaga atau tidak. Kemudian dibandingkan dengan data Peta RBI Gunungkidul skala 1:25.000 tahun 1998. Sedangkan uji akurasi untuk penggunaan lahan hasil dari klasifikasi *maximum likelihood* menggunakan Tabel *Confussion Matrix*.

1.4.2 Analisis Data

1.4.2.1 Analisis Hubungan Distribusi Telaga dan Distribusi Permukiman

Analisis spasial yang digunakan dalam penelitian ini merupakan analisis *least cost path* untuk mengetahui mengenai Telaga berdasarkan jarak area permukiman. Dalam menghitung jarak Telaga dengan permukiman membutuhkan persyaratan teknis seperti lereng, penggunaan lahan, dan aksesibilitas. Data yang digunakan adalah data kontur, data penggunaan lahan hasil klasifikasi *maximum likelihood*, peta aksesibilitas, titik asal (Telaga) dan titik tujuan (permukiman).

1.4.2.2 Analisis Pemanfaatan Air Telaga oleh Penduduk

Analisis data secara deskriptif kualitatif yang dilakukan dalam penelitian ini berdasarkan dari hasil wawancara (*in-depth interview*) di lapangan yang telah diolah, serta hasil dari analisis peta.

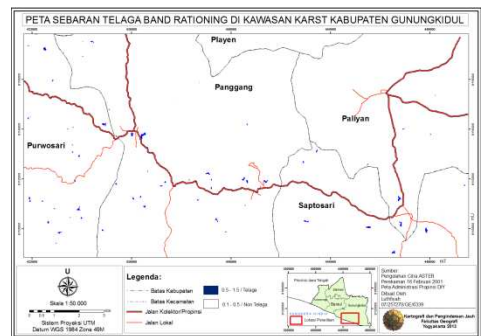
HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Akurasi Telaga dan Penggunaan Lahan

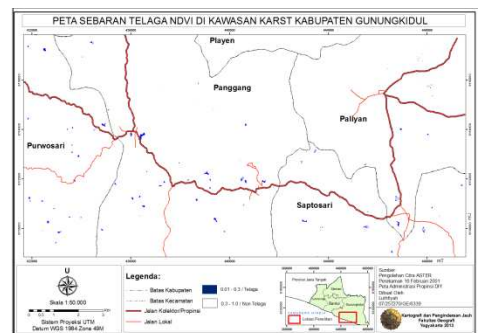
Berdasarkan perhitungan akurasi dilakukan dengan data yang sesuai atau data benar dimana antara data hasil masing-masing transformasi citra dan data hasil lapangan menunjukkan data yang sama yaitu adanya Telaga. Kemudian keberadaan Telaga dibandingkan juga dengan peta RBI tahun 1998. Jika terjadi keterangan antara ketiga sumber data tersebut maka akan dianggap salah. Formula yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{JumlahBenar}}{\text{JumlahSampel}} \times 100\%$$

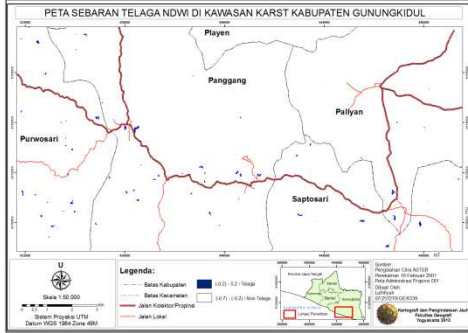
Nilai akurasi *Band rationing* yaitu 85,7%, NDVI yaitu 84,2%, dan NDWI yaitu 86,6%. Representasi hasil transformasi dalam mendeteksi Telaga pada musim hujan dan musim kemarau tersaji pada **Gambar 1.1, Gambar 1.2, Gambar 1.3, Gambar 1.4, Gambar 1.5, Gambar 1.6.**



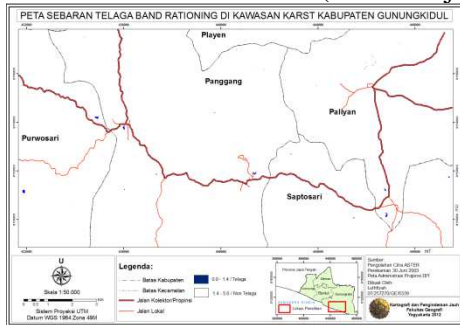
Gambar 1.1 Peta sebaran Telaga *Band Rationing* tahun 2001 (musim hujan)



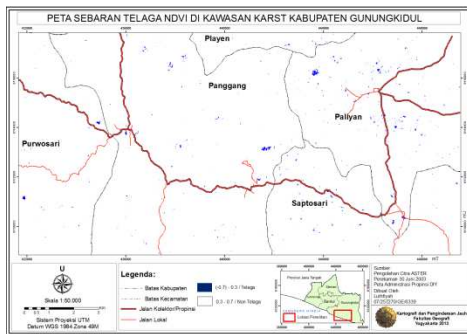
Gambar 1.2. Peta sebaran Telaga NDVI tahun 2001 (musim hujan)



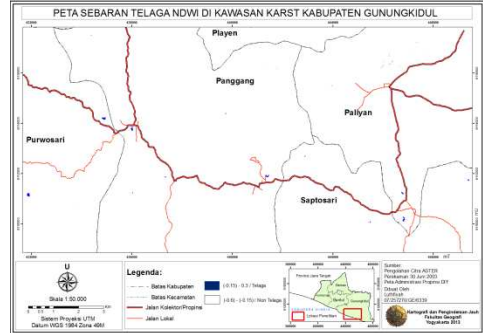
Gambar 1.3 Peta sebaran Telaga NDWI tahun 2001 (musim hujan)



Gambar 1.4 Peta sebaran Telaga *Band Rationing* tahun 2003 (musim kemarau)



Gambar 1.5 Peta sebaran Telaga NDVI tahun 2003 (musim kemarau)



Gambar 1.6 Peta sebaran Telaga NDWI tahun 2003 (musim kemarau)

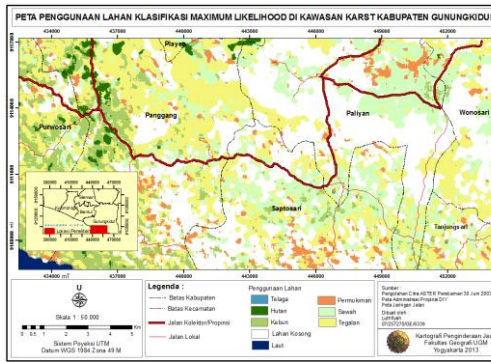
Uji akurasi penggunaan lahan dilakukan dari hasil klasifikasi *maximum likelihood*. Hasil klasifikasi cukup baik memiliki nilai *overall accuracy* 85,71% dan indeks Kappa 0,83. Mengacu pada tingkat akurasi minimum untuk klasifikasi penutup/penggunaan lahan yang bisa diterima yaitu 85% (Anderson *et al*, 1976 dalam Congalton dan Green, 2009). Berikut ini adalah **Tabel 1.1** Uji akurasi klasifikasi *maximum likelihood* dan Representasi hasil klasifikasi penggunaan lahan *maximum likelihood* tersaji pada **Gambar 1.7**

Tabel 1.1 Uji akurasi klasifikasi *maximum likelihood*

Matriks Ketelitian Klasifikasi Citra ASTER SWIR												
Kelas Penggunaan Lahan		Data Lapangan								Total	User Accuracy	Komisi
		Laut	Danu	Sawah	Kebun	Tegalan	Hutan	Permukiman	Lahan Kosong			
Matriks Ketelitian	Laut	2								2	100%	0%
	Danu		7			1				8	88%	13%
	Sawah			16	1	2			1	20	80.00%	20.00%
	Kebun			2	18	2	1	1		24	75.00%	25.00%
	Tegalan		1	2	1	30		1		35	85.71%	14.29%
	Hutan			1	2		9			12	75.00%	25.00%
	Permukiman				1			34		35	97.14%	2.86%
Lahan Kosong					2			16	18	88.89%	11.11%	
Total		2	8	21	23	37	10	36	17	154		
Produser Accuracy		100%	88%	76%	78.26%	81.08%	90%	94%	94%			
Omisi		0%	13%	24%	21.74%	18.92%	10%	6%	6%			
Overall Accuracy		85.71%										
Kappa		0.83										

Sumber: Pengolahan data, 2015

Sumber: Pengolahan data, 2013



Gambar 1.7 Peta klasifikasi penggunaan lahan *maximum likelihood*

Deskripsi Transformasi Citra yang Paling Efektif untuk Mendeteksi Sebaran Telaga

Pengolahan citra secara multitemporal yaitu musim kemarau

dan musim hujan pada wilayah kajian menghasilkan sejumlah titik lokasi Telaga yang berbeda. Berdasarkan **Tabel 1.2** menunjukkan bahwa Telaga pada saat musim kemarau lebih sedikit terdeteksi jika dibandingkan dengan ketika musim hujan. Citra hasil dari *Band Rationing* dan NDWI pada saat musim kemarau maupun musim hujan menunjukkan bahwa Telaga dapat terpetakan dengan baik dan dapat membedakan kondisi air Telaga dengan tingkat kekeruhannya. Transformasi yang terdiri dari saluran hijau dan inframerah dekat merupakan saluran yang peka terhadap penetrasi tubuh air. Berikut ini adalah **Tabel 1.2** perbedaan Telaga yang terdeteksi pada masing-masing metode.

Tabel 1.2 perbedaan Telaga yang terdeteksi pada masing-masing metode.

Metode	Telaga yang terdeteksi	
	Tahun 2001	Tahun 2003
Band Rationing	95	14
NDVI	77	19
NDWI	67	15

Sumber: Analisis Data, 2013

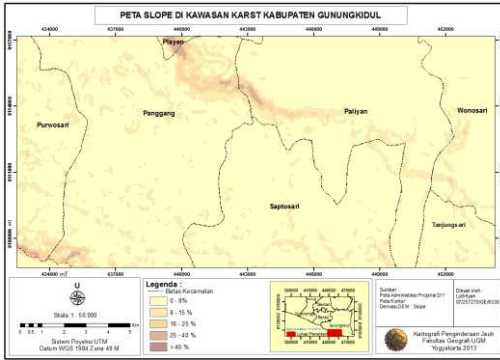
Transformasi NDWI (*Normalized Difference Wetness Index*) tahun 2003 (musim kemarau) mampu mendeteksi Telaga pada *range* -0.15 – 0.3 sebanyak 13 Telaga dengan akurasi

86,6%. Mengacu pada metode NDWI yang sensitif terhadap perubahan kadar air kanopi vegetasi pada pantulan 857 nm dan 1241 nm memiliki sifat penyerapan yang agak berbeda pada tubuh air.

Deskripsi hubungan distribusi Telaga dan distribusi permukiman

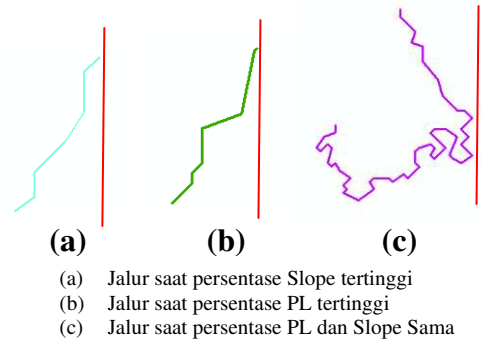
Analisis spasial yang digunakan dalam penelitian ini merupakan analisis *least cost path* untuk mengetahui mengenai Telaga berdasarkan jarak keberadaan permukiman. Dalam menghitung jarak Telaga dengan permukiman membutuhkan persyaratan teknis seperti lereng, penggunaan lahan, dan aksesibilitas. Data yang digunakan adalah data kontur, data penggunaan lahan hasil klasifikasi *maximum likelihood*, peta aksesibilitas, titik asal (Telaga) dan titik tujuan (permukiman).

Data kontur dapat dimodelkan menjadi DEM. Data DEM diturunkan lagi menjadi data slope untuk digunakan dalam pembuatan *cost distance* analisis. Slope merupakan persentase kemiringan lereng. Berikut ini adalah **Gambar 1.8** menunjukkan peta slope.

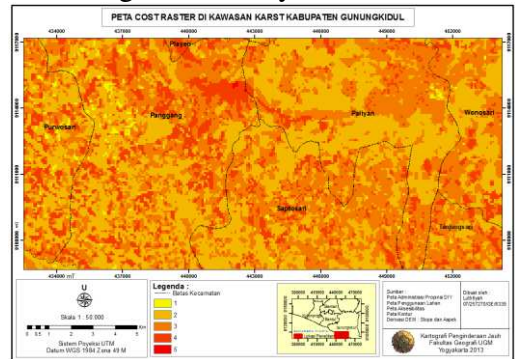


Gambar 1.8 Peta Slope

Proses kalkulasi raster menggunakan *weighted overlay*. Proses ini menggunakan faktor pembobot sehingga setiap parameter yang digunakan diberi harkat. Parameter yang digunakan untuk menghitung jarak Telaga dengan permukiman adalah penggunaan lahan, aksesibilitas, dan lereng. Parameter input yaitu Slope memiliki pengaruh dalam pembobotan sebesar 50%, penggunaan lahan memiliki pengaruh 30%, aksesibilitas memiliki pengaruh 20%. Hasil yang diperoleh jaraknya dekat yaitu 3,2 km. Persentase ini dipilih berdasarkan pertimbangan bahwa kriteria utama dalam menghitung jarak Telaga dengan permukiman tidak boleh melewati lereng yang terjal, hutan, dan aksesibilitas yang rendah. Hal ini dianalogikan bahwasannya penduduk akan lebih memilih jarak yang agak jauh tetapi melewati lereng yang datar, permukiman, dan aksesibilitas tinggi. Jika dibandingkan penduduk harus menempuh jarak pendek namun melewati lereng yang terjal, hutan, dan aksesibilitas yang rendah. Berikut ini adalah **Gambar 1.9** Ilustrasi berbagai hasil percobaan dengan berbagai persentase pengaruh berbeda.



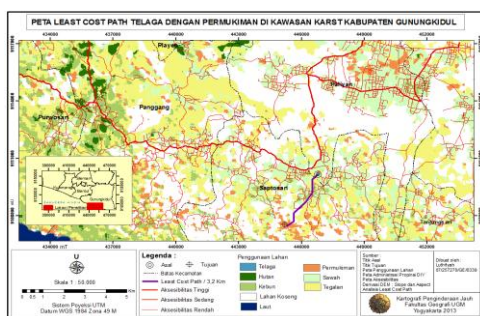
Cost Raster merupakan hasil dari pembobotan pada masing-masing parameter yang kemudian dilakukan tumpang susun tertimbang. Berikut ini adalah **Gambar 2.0** Peta Cost Raster hasil *weighted overlay*.



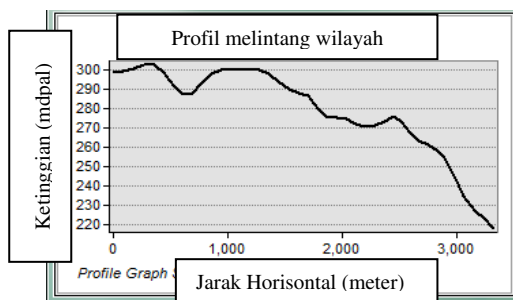
Gambar 2.0 Peta Cost Raster hasil *weighted overlay*

Cost distance merupakan kalkulasi dari nilai akumulasi biaya paling sedikit dari masing-masing sel ke lokasi tujuan khusus melewati raster biaya, (Cahyono, 2009). Raster biaya dalam hal ini adalah raster yang dihasilkan dari *weighted overlay*. Masing-masing nilai sel dihitung *cost* terpendeknya dari titik asal. Hasil yang diperoleh dari analisis ini adalah raster *cost distance* dan raster backlink. Proses kalkulasi hasil *cost* ke titik asal direkonstruksi oleh raster backlink. *Cost backlink* ini bernilai 0-8 yang menandakan arah proses

kalkulasi antar sel. Titik asal yang dimaksud merupakan Telaga. Analisis *cost path* merupakan jalur antara dua lokasi yang termurah saat dilewati, dimana biaya ini dapat dalam fungsi waktu, jarak atau kriteria khusus sesuai tujuan. Dalam pembuatan *cost path* dibutuhkan input data berupa titik tujuan yaitu permukiman, *cost distance* dan *cost backlink raster*. Kalkulasi ini memperhitungkan *cost* yang ada pada tiap sel dan menghitung biaya termurah untuk dapat sampai dari titik asal ke titik tujuan. Analisis *cost path* ini menghasilkan kenampakan garis dalam format raster kemudian dikonversi ke format vektor untuk memperjelas jalur termurah ini. Jarak terpendek Telaga dengan permukiman ini adalah sebesar 3,2 km. Berdasarkan profil melintang yang dihasilkan dapat dilihat bahwasannya jalur yang dilewati elevasi semakin menurun. Hal ini menunjukkan penduduk dapat dengan mudah membawa air yang diambil dari Telaga menuju permukiman. Berikut ini adalah **Gambar 2.1** Peta *Least Cost Path* dan **Gambar 2.2** profil melintang wilayah yang dilalui jalur Telaga dengan permukiman.



Gambar 2.1 Peta *Least Cost Path*



Gambar 2.2 profil melintang

Titik asal yang digunakan merupakan Telaga Bromo di Desa Karang Asem Kecamatan Paliyan yang terletak pada (koordinat: 49M, 446868 mT 9110135 mU). Telaga ini memiliki jarak terdekat dengan permukiman di Desa Kepek Kecamatan Saptosari yang terletak pada (koordinat: 49M, 445279 mT 9107597 mU) adalah sebesar 3,2 km. Telaga ini merupakan Telaga permanen yang tidak pernah surut airnya dalam arti kata bahwa pada musim kemarau maupun penghujan Telaga ini akan tetap terisi air. Air Telaga dimanfaatkan oleh penduduk antara lain untuk memberi minum dan memandikan hewan-hewan ternak baik pada musim kemarau maupun penghujan. Selain itu juga dimanfaatkan untuk keperluan mandi dan mencuci langsung di Telaga tersebut maupun untuk kebutuhan memasak sehari-hari. Pada umumnya penduduk mengambil air Telaga untuk dibawa ke rumah menggunakan blek atau dirigen plastik untuk persediaan kebutuhan kerumahtanggaan. Pengambilan air Telaga oleh penduduk kurang lebih kira-kira 15 liter. Menurut catatan Kecamatan Paliyan dalam Angka 2009, 1746 rumah tangga dari 1997 rumah tangga pada Kecamatan ini tidak menggunakan air Pelanggan Air

Minum (PAM) untuk dikonsumsi. Untuk itu keberadaan air Telaga sangat dimanfaatkan oleh penduduk untuk kebutuhan sehari-hari.

KESIMPULAN

1. Citra hasil ekstraksi nilai NDWI tahun 2003 (musim kemarau) memiliki nilai akurasi yang lebih tinggi yaitu 86,6% jika dibandingkan dengan citra *Band Rationing* dan NDVI yaitu 85,7% dan 84,2%.
2. Transformasi citra yang paling efektif digunakan dalam mendeteksi telaga adalah NDWI (*Normalized Difference Wetness Index*) dengan nilai akurasi 86,6 %. Mengacu pada metode NDWI yang sensitif terhadap perubahan kadar air kanopi vegetasi pada pantulan 857 nm dan 1241 nm memiliki sifat penyerapan yang agak berbeda pada tubuh air.
3. Hubungan distribusi Telaga dan distribusi permukiman dapat dengan pendekatan spasial analisis. Metode yang digunakan adalah *least cost path analysis* dengan menggunakan teknik *weighted overlay*, *cost distance* dan *cost path*. Jarak yang diperoleh adalah sebesar 3,2 km. Pada radius 3,2 km ini sebanyak 1746 rumah tangga dari 1997 rumah tangga tidak menggunakan air Pelanggan Air Minum (PAM) untuk dikonsumsi. Untuk itu keberadaan air Telaga sangat dimanfaatkan oleh penduduk.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyono, Ari. 2009. *Pemodelan Jalur Termurah untuk Pembuatan Jalur Pipa Minyak Bumi (Studi Kasus Sebagian Wilayah Kulonrpogo)*. Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta
- Congalton, Russell G dan Kass Green. 2009. *Assessing The Accuracy Of Remotely Sensed Data Second Edition*. CRC Prees Taylor & Francis Group. New York
- Danoedoro, Projo. 1996. *Pengolahan Citra Digital: Teori dan Aplikasinya dalam Bidang Penginderaan Jauh*. Fakultas Geografi. Yogyakarta
- Marfai, Muh Aris. 2011. *Pengantar Pemodelan Geografi*. Badan Penerbit Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta
- McFeeters, S K. 1996. *The Use of Normalized Difference Wetnees Index (NDWI) in The Deliniation of Open Water Features. International Journal of Remote Sensing*, 17(7): 1425-1432
- Santosa, Langgeng Wahyu. 2007. *Kerusakan Telaga Dolin dan Faktor-Faktornya di Wilayah Perbukitan Karst Kabupaten Gunungkidul*. Jurnal Kebencanaan Indonesia Volume 1, Nomor 3, Edisi November 2007, Hal 176-193